
UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 01284715 8

Natsko

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

БЮЛЛЕТЕНЬ ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ, № 22

С. И. НАБОКО

ПАУЖЕТСКИЕ ГЕЙЗЕРЫ

В 1953 г. автор, изучая вулкан Кошелева на юге Камчатки, посетила Паужетские термальные источники и попутно провела кратковременные наблюдения за режимом двух ныне действующих там гейзеров. Не может быть никакого сравнения между Паужетскими гейзерами и гейзерами Долины гейзеров (Устинова, 1946; Набоко, 1954), так велика разница в относительной мощности их извержений. Об этом говорят и названия некоторых из гейзеров той и другой группы: Великан — в Долине гейзеров, Лилипут — в долине Паужетки. В Долине гейзеров среди множества паровых струй, кипящих ключей и грязевых котлов насчитывается более двадцати мощных гейзеров, которые извергают воду на высоту десятков метров и столбы пара на сотни метров. В долине Паужетки имеется только два гейзера, извергающих воду на высоту не более одного метра. Однако Паужетские гейзеры известны с более раннего времени и описаны еще С. Крашенинниковым (1786). «Ключи бьют во многих местах, как фонтаны, по большей части с великим шумом, в вышину на один и полтора фута. Некоторые стоят, как озера в великих ямах, и из них текут маленькие ручейки».

В настоящее время среди термальных источников, различных по форме, составу и степени минерализации, имеется только два гейзера (фиг. 1).

Первый гейзер — Лилипут, называемый местными жителями Пятиминуткой, находится на термальной площадке среди термальных ключей в валунно-галечных аллювиальных отложениях, на правом берегу р. Паужетки, в 100 м от берега. Грифон имеет форму миски диаметром около 1,5 м и глубиной 0,5 м. Дно и стенки грифона сложены валунами и галькой; канала не видно. В 1953 г. Лилипут извергался каждые 5 минут, а в 1937 г., судя по литературным данным (Пийп, 1947),— каждые 16 минут; таким образом, длительность цикла его за пятнадцать лет сократилась в три раза.

Вероятно, со временем он превратится в пульсирующий кипящий источник.

После прекращения фонтанирования пар не выделяется. Часть воды из русла стекает обратно в грифон. На дне его между отдельными валунами видна вода, которая прибывает медленно, со скоростью 1 л в сек. и за полторы минуты наполняет грифон. После наполнения грифона вода начинает сначала просачиваться, а затем течет по руслу ручья.

Спустя минуту после наполнения грифона со дна центральной части его начинают выделяться единичные мелкие пузырьки, количество которых быстро увеличивается. Поступление их происходит неравномерно, то усиливаясь, то пропадая. На фоне выделения мелких пузырьков появляются крупные пузыри, и одновременно выталкивается через край грифона часть воды. Подбрасывание воды начинается неожиданно и сразу достигает максимума. С началом подбрасывания воды усиливается выделение пара, и по руслу течет бурный ручей. Фонтанирование на высоту 0,5—0,8 м про-

должается в течение 40—50 сек. Только отдельные брызги разлетаются вокруг, вся же остальная масса воды падает обратно в грифон. К концу извержения взлет воды ослабевает и становится сначала прерывистым, а затем совсем прекращается, после чего быстро, в течение 15—20 сек., вода уходит из грифона. Глыбы на дне высыхают, но между ними на глубине видна вода, которая, опустившись до минимального уровня, держится на этом уровне две секунды, после чего снова начинает медленно прибывать, заполняя грифон, и цикл повторяется.



Фиг. 1. Общий вид Паужетских источников.

В течение 5 дней в разные промежутки времени нами было прослежено около 100 циклов извержений; колебания длительности циклов незначительные. 15 августа длительность цикла колебалась от 4 мин. 50 сек. до 5 мин. 16 сек., 17 августа — от 5 мин. 14 сек. до 5 мин. 38 сек. и 19 августа — от 5 мин. 10 сек. до 5 мин. 28 сек.

Длительность отдельных стадий колебалась в следующих пределах:

	15 авг.	16 авг.	19 авг.
Фонтанирование	40—45 сек.	45—50 сек.	43—45 сек.
Покой	1—3 „	3—4 „	2—3 „
Наполнение и излияние	115—160 „	123—129 „	105—123 „
Выделение пузырьков — кипение . .	126—137 „	124—133 „	105—110 „

Фаза пара отсутствовала.

В связи с тем, что канал гейзера завален галькой, температурные измерения производились только в грифоне.

После извержения температура воды в глубине грифона была равна 88°, т. е. на 10° ниже, чем в момент фонтанирования. Это отчасти происходило за счет того, что часть вылившейся воды, успевшая на поверхности

остыть, стекала назад в грифон (t° воды в ручье была 86°). На температурный режим воды в грифоне во время наполнения его сильно влияло охлаждение на поверхности, поскольку грифон имел малую глубину и относительно большой диаметр. Обычно на дне грифона, в месте поднимающегося потока, температура воды составляла 92°, а на поверхности и особенно по краям грифона — на 12° ниже (всего 80°). Нагрев воды в грифоне начинался с появления поднимающихся со дна пузырьков. На поверхности в



Фиг. 2. Гейзер Ленивый. Грифон пустой.

месте выделения пузырьков температура поднималась до 94°, однако по краям грифона оставалась на 3° ниже. С появлением крупных пузырей и выталкиванием из грифона части воды температура во всех частях грифона скачкообразно повышалась до 97,2°, а с началом фонтанирования — до 98,8°. Такая температура оставалась в продолжение фонтанирования во всех частях грифона и фонтана.

Второй из двух Паужетских гейзеров, названный нами Ленивым, находится напротив Лилипута на левом берегу реки. Весь берег термален; здесь много выходов горячих ключей, большие участки представляют собой поля гейзерита. Ныне действующий гейзер Ленивый находится на краю термального поля, на площадке, лишенной выходов источников и гейзеритов, в 10 м от русла средней Паужетки. Он имеет блюдцеобразный грифон диаметром в 1,5 м и глубиной 20 см. Дно грифона покрыто галькой и валунами; отложений гейзерита вокруг него нет.

В литературе об этом гейзере нет никаких сведений, за исключением упоминания Пийпа (1947) о том, что среди Паужетских терм имеется два гейзера, из которых один — Лилипут.

В отличие от гейзера Лилипута (Пятиминутки) гейзер Ленивый извергается редко и нерегулярно. Нам удалось наблюдать несколько циклов его извержений и получить представление о характере их.

После извержения грифон пустой, на глубине слышен сильный глухой рокот, сквозь гальку прорываются клубы пара, образующие столб высотой 20—30 м. Затем рокот и выделение пара ослабевают, а через полчаса совсем прекращаются. Грифон остается пустым около часа (фиг. 2). Вода появляется между галькой в центральной части грифона и со скоростью 1 л в



Фиг. 3. Гейзер Ленивый. Грифон наполнен водой.

мин. наполняет грифон. Наполнение грифона продолжается несколько часов (фиг. 3); наполнив грифон, вода начинает просачиваться, смачивая песок, но по руслу не течет.

В грифоне видно движение воды за счет подъема более нагретых масс со дна центральной части его. Периодически со дна поднимаются мелкие пузырьки газа, которые некоторое время плавают на поверхности, а затем исчезают. Периоды между подъемом пузырьков постепенно укорачиваются, размеры пузырьков увеличиваются. Извержение начинается подъемом крупных пузырей с одновременным выделением пара и выталкиванием части воды из грифона; по руслу начинает течь ручей. В течение одной минуты подъем крупных пузырей усиливается, и вода начинает подбрасываться вверх (фиг. 4). За полторы минуты извержение достигает максимума. Непрерывно на высоту одного метра бьет фонтан воды; фонтанирование сопровождается выделением пара; по руслу течет бурный ручей горячей воды. Основная масса воды падает обратно в грифон. После получасового непрерывного фонтанирования сила его ослабевает; струя воды становится прерывистой, перестает течь ручей. Всплески становятся все реже и реже,

высота взлета воды уменьшается, и вдруг вся вода устремляется вниз и моментально исчезает. Из грифона продолжает бурно выделяться пар, а с глубины слышны сильный рокот и удары воды. Бурное выделение пара сменяется слабым парением, а потом совсем прекращается. Камни на дне грифона высыхают, остывают и, наконец, не остается и следов былого извержения. Появлением воды на дне грифона начинается новый цикл.



Фиг. 4. Гейзер Ленивый. Начал фонтанировать.

За три дня, с 18 по 21 августа, произошло пять извержений, причем длительность цикла колебалась в широких пределах. Так, длительность первого цикла составляла 15 час. 45 мин., второго — 22 час. 15 мин., третьего — 11 час. 30 мин., четвертого — 18 час. 10 мин. и пятого — более 26 часов.

Пятого извержения мы не наблюдали.

Длительность отдельных стадий приведена из наблюдений 17 августа.

Стадии	Длительность
Фонтанирование	40 мин.
Бурное выделение пара	15 „
Спокойное выделение пара	10 „
Покой	55 „
Наполнение	45 „
Нагрев воды	около 12 часов

Поскольку длительность циклов колебалась в широких пределах (от 11 час. 30 мин. до 26 часов и более), постольку непостоянной была и длительность отдельных стадий. Однако более или менее постоянными были фонтанирование и выделение пара, покой и наполнение, в то время как стадия нагрева была непостоянна и очень длительна. Определение стадии нагрева чисто условное, так как по существу сначала происходило охлаждение воды в грифоне, а затем нагрев. Длительность стадии излияния было трудно определить вследствие очень малого дебита гейзера; вода по существу только пропитывала песчаные русла, а не изливалась.

Небезинтересно привести и результаты наблюдений за температурным режимом. После окончания фонтанирования выделяющийся пар имел температуру 99,8°. Спустя час, перед началом появления воды на дне грифона, температура камней в месте выделения пара была равна 84°, остальных камней — 20°. Вода в грифоне появилась с температурой 96°, но по мере наполнения грифона она остывала, и за 4 часа температура ее упала с 96° до 73°, а затем начала снова медленно подниматься и за 7 часов достигла 88°.

Такую температуру имела вода до начала появления крупных пузырей и выталкивания части воды из грифона. С этим моментом связано скачкообразное повышение температуры до 92°, а за последующие 30 сек. в связи с началом подбрасывания воды — до 99°.

Такая температура воды сохранялась за весь период фонтанирования во всех частях грифона и фонтана.

Понижение температуры воды в грифоне связано с его мелководностью и относительно большим диаметром (большая площадь охлаждения), в то время как приток высоко нагретой воды очень незначительный. В связи с охлаждением воды наблюдается большая разница температур в разных частях грифона: на дне его, в месте подъема воды из глубины и на поверхности, особенно в краевых частях. Эта разница доходила до 12°. При бурном выделении пузырьков газа и перемешивании воды разница температуры воды в грифоне уменьшилась до 5°, и только с началом подъема крупных пузырей и выталкиванием охлажденной воды из грифона разница совсем пропадала. Охлаждение воды в грифоне гейзера Ленивого значительно больше, чем в грифоне Лилипута, поскольку первый более мелководный и имеет больший диаметр. Однако различие форм грифона Паужетских гейзеров не настолько велико, чтобы можно было считать его причиной разного характера их поведения. Взять хотя бы длительность извержения. У Лилипута извержения происходят каждые 5 минут, у Ленивого — два или один раз в сутки. По нашему мнению, на режим гейзера влияет величина притока высоко нагретых вод (больше у Лилипута и меньше у Ленивого) и мало нагретых вод (больше у Ленивого и меньше у Лилипута), а также подземная структура гейзера [1].

Вода гейзеров натрово-хлоридная, щелочная, минерализованная (сухой остаток около 3 г на 1 л), содержит H_2SiO_3. В отличие от гейзеров Долины гейзеров около гейзера Ленивого не осаждается гейзерит. Только на поверхности глыб встречен очень тонкий белый налет опала. На левом берегу Паужетки на небольшом расстоянии от гейзера Ленивого находится гейзеритовое поле, на котором встречаются старые гейзерные постройки и выходы кипящей воды, которая заливает это поле. Над водой отдельными островками, часто с красивыми ажурными очертаниями, выступает гейзерит (фиг. 5, 6).

Вероятно, гейзерит продолжает образовываться из воды кипящих ключей и в настоящее время. Ниже приводится состав гейзерита (см. стр. 36).

Из анализа мы видим, что гейзерит почти нацело состоит из водной окиси кремния, причем количество окислов остальных металлов составляет всего 5,8%. При пересчете на формулу опала получаем $SiO_2 \cdot {}^1/_3H_2O$.

Под микроскопом минерал прозрачен и местами замутнен глинистыми частичками, изотропен, преломление колеблется от 1,435 до 1,455.

Гейзерит образуется из термальной воды, которая содержит H_2SiO_3, осаждаясь из раствора при понижении температуры его и, возможно, выпадая при переходе воды в пар. На поверхности выступающих из воды

[1] Соображения о механизме действия гейзеров приведены в другой работе автора (Набоко, 1954).

глыб в хорошую погоду обнаружены тонкие налеты солей, представляющих хлориды щелочей.



Фиг. 5. Гейзеритовое поле.

Состав гейзерита

Анал. Н. И. Постниковой

Окислы	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO
Вес. %	85,35	сл.	1,45	0,08	1,96	0,02	0,21

Продолжение

Окислы	CaO	Na_2O	K_2O	H_2C^{-110}	H_2C^{+110}	S	Сумма
Вес. %	1,20	0,55	0,19	5,18	3,74	0,17	100,10

В 800 м к востоку от основных термальных ключей и гейзеров с натрово-хлоридной щелочной водой на террасе находится термальная площадка, имеющая вид сольфатарного поля. Площадка покрыта глинами, с поверхности преимущественно красного цвета, а на некоторой глубине белого, голубого и серого цветов. В голубых глинах местами встречаются сульфиды. В некоторых глинах сохранилась порфировая структура лав, из которых они образовались. На площадке обнаружены:

а) выходы пара из устьев, имеющих вид лопнувших пузырей, и площадные выходы пара; температура пара 98°;



Фиг. 6. Гейзерит, выступающий из воды. Уменьшено в 3 раза.

б) миниатюрные кратеры и трубы, в которых кипит вода или грязь; от кратеров тянутся грязевые потоки голубой глины, часто покрытые пленкой черных сульфидов. Температура воды 98—99°;

в) мелкие котлы с жидкой грязью то кирпично-красного, то голубого цвета. Температура грязи доходит до 92°;

г) водоемчики наподобие луж, без стока. Температура воды в них колеблется от 24 до 86°. Вода очень кислая (pH меньше 3), аммонийно-натрово-алюминиево-сульфатная. Выходы паровых струй и трубки с кипящей водой сосредоточены в восточной несколько повышенной части поля; в средней части находятся лужи с кислой горячей водой; западная часть слабо термальная.

На поверхности глиняных участков и на дне усохших грязевых котлов наблюдалось много выцветов, состоящих из сульфатов алюминия (алуногена) с небольшой примесью сульфатов аммония.

Паужетские гейзеры находятся в районе сольфатарного проявления вулканов. Они располагаются у подножия, с одной стороны, действующего андезитового вулкана Кошелева, в кальдере которого имеются сольфатары и выходы высоко нагретых кислых вод, и, с другой стороны, вулкана Дикого гребня, на склоне которого обнаружены термальные площади с выходами паровых струй и гидросольфатар.

Гейзеры и термальные источники с натрово-хлоридной щелочной водой находятся непосредственно в поле выходов струй пара и газа и источников с кислой сульфатной водой (гидросольфатар).

В отличие от гидросольфатар, формирующихся за счет поверхностных вод в сольфатарном поле, воды гейзеров глубокой циркуляции и минеральный состав их обусловлены породами, возможно, морскими третичными, в которых они формировались.

Паужетские гейзеры относятся к слабоактивным гейзерам. Можно предположить два направления замирания гейзеров: превращение в пульсирующий источник (Лилипут) и полное прекращение действия (Ленивый).

Форма грифона влияет на температурный режим гейзера, в частности, на длительность стадии нагрева, однако это не решающий фактор.

На режим гейзера в большей степени влияет приток высоко нагретых и слабо нагретых вод, а также подземная структура гейзера.

ЛИТЕРАТУРА

Крашенинников С. Описание земли Камчатки, сочиненное Степаном Крашенинниковым Академии Наук профессором. Т. 2. СПб., Имп. Акад. Наук, 1786.
Набоко С. И. Гейзеры Камчатки. Тр. Лаб. вулк., вып. 8, 1954.
Пийп Б. И. Термальные ключи Камчатки. СОПС АН СССР, сер. камч., вып. 2, 1937.
Пийп Б. И. Маршрутные геологические наблюдения на юге Камчатки. Тр. Камч. вулк. ст., вып. 3, 1947.
Устинова Т. И. Гейзеры на Камчатке. Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1946, № 12.

Naboko, Sof'ia Ivanovna
Pauzhetskie geizery

